

UNA PROPUESTA DE ECOBONO ESPAÑOL

Dr. Francisco Javier, Martínez de Osés.
Profesor titular de Universidad
Secretario académico del Dpto. De Ciencia e Ingeniería Náuticas

fmartinez@cen.upc.edu

Doctor por la UPC
Licenciado de la Marina Civil, sección puente. Piloto Marina Mercante.
Diplomado en Ciencias Empresariales

Dra. Marcel·la Castells i Sanabra.
Profesora colaboradora
Vicedecana de relaciones institucionales de la Facultad de Náutica de Barcelona

mcastells@cen.upc.edu

Doctora por la UPC
Licenciada de la Marina Civil, sección puente
Ingeniera Técnica Naval en Propulsión y Servicios del Buque

Pla de Palau, 18
08003 Barcelona
España

Tel: 93 401 79 20
Fax: 93 401 79 23

Abstract

El presente estudio, fue financiado en la convocatoria del año 2008 según ORDEN FOM/2219/2008, de 22 de julio (BOE del 29), de subvenciones para la realización de estudios y acciones de difusión relacionados con el transporte, sus infraestructuras y demás competencias del Ministerio de Fomento. El objeto del mismo fue la elaboración de un análisis comparativo entre los costes externos generados por el transporte por carretera y el marítimo en un mismo recorrido. De esta comparativa se dedujo en cada caso una diferencia entre los costes externos producidos por cada modo de transporte. En el caso que esa diferencia en costes externos fuera favorable al transporte marítimo, los autores proponen una subvención a los transportistas que usen el modo marítimo, con un tope igual a ese diferencial citado pro recorrido y camión.

1. Introducción

La contribución tanto de la carretera como del Transporte Marítimo de Corta Distancia en del movimiento de mercancías en el mercado interior de Europa, medido en toneladas por kilómetro, se mantiene ambos alrededor del 40%, con unas tasas de crecimiento muy parecidas. Por otro lado, otra ventaja de los buques sobre los camiones y trenes, es su relativo menor consumo por unidad de carga transportada y kilómetro recorrido, debido en parte a su menor velocidad relativa¹. Sin embargo, diferentes foros como el propio Comité de Protección Ambiental Marítima (MEPC) de la Organización Marítima Internacional, han advertido que aun siendo el modo marítimo, la alternativa más eficiente desde el punto de vista del aprovechamiento de la energía latente en cada litro de combustible, debemos de tener en cuenta la emisión de gases de efecto invernadero que su combustión puede producir².

¹ Mulligan, R. et al. *Short Sea Shipping. Alleviating the environmental impact of economic growth*. WMU Journal of Maritime Affairs. (2006). Vol. 5, Part 2. pp. 181-194.

² Burgel, A.P. Air pollution from ships: Recent developments. WMU Journal of Maritime Affairs. Vol. 6, (2007). N. 2. pp. 217-224.

1.1. Estudios previos

En el año 1998, el Libro Blanco (COM (98) 466), propuso medidas para unificar las tarifas cargadas por el uso de infraestructuras, en los diferentes países de la Unión Europea y en relación a los diferentes modos de transporte. El propio documento proponía un marco de tarificación basado en el concepto de “quien usa paga”, que incluyera el precio por cualquier coste externo que el usuario provoque. Dichos gravámenes deben basarse en los costes marginales, siendo estos variables en función del tipo de infraestructura usada, la hora del día, la distancia cubierta y el tamaño y desplazamiento de los vehículos utilizados. El concepto de gravar con el coste marginal de uso, fue de nuevo planteado por el Libro Blanco del transporte del año 2001, (COM 2001(370)) Este argumento lleva implícito dos conceptos, siendo por un lado el gravamen por el uso de las infraestructuras y por otro la internalización de los costes externos generados.

Para los costes relacionados con los daños por la contaminación, los estudios más recientes se han basado en el modelo ECOSENSE, conocido también como el modelo EXTERNE; desarrollado por IER dentro de la serie de proyectos EXTERNE. En esta serie de proyectos, se estableció un marco para traducir los impactos contaminantes en un valor monetario, partiendo de una clasificación de los impactos generados y las externalidades, estimación de los impactos sobre un escenario determinado, traducción de estos a un valor monetario y estimación del grado de sensibilidad. La evaluación de las externalidades en cuanto a las emisiones con efecto invernadero, se centran eminentemente en las de dióxido de carbono. Se considera que el valor de 37 céntimos de euro por tonelada de CO₂ emitida, procede del llamado “coste de evitación” que a su vez deriva de su estimación para lograr un objetivo específico. Este objetivo es el establecido por la OCDE para la reducción en el período contemplado en el protocolo de Kyoto, por parte de la Unión Europea. Dicho objetivo implica la reducción de las emisiones hasta un 5,2% en el período considerado.

2. Las consecuencias ambientales de las actividades de transporte

Las emisiones por parte del transporte marítimo, están reguladas por el Convenio MARPOL en su anexo VI, aparte de la normativa específica europea. Ambas se dirigen a la contención de los óxidos de azufre y de nitrógeno, para garantizar la sostenibilidad del transporte marítimo, ya que es en estos tipos de contaminantes, donde los motores marinos tienen una menor eficiencia, no por ellos mismos sino por la calidad de los combustibles utilizados.

De entre todos los medios de transporte, el marítimo es el responsable de las mayores cantidades de emisiones de SO₂ a la atmósfera, situación que sólo será compensada, mediante el uso de combustibles con un contenido menor de azufre o con el uso de sistemas de limpieza de los gases de escape. No obstante, debemos aclarar que el transporte marítimo sólo contribuye entre el 6% y el 12% de dichas emisiones antropogénicas globales³. Para los barcos, no ha existido una tradición de directivas europeas al estilo del transporte por carretera, por estar éstos considerados como un medio de transporte más sostenible que el terrestre, y esto era así hasta más o menos principios de los años noventa. A partir de ahí, los buques han continuado siendo vehículos más eficientes en el ratio tonelada-kilómetro si nos referimos a su eficiencia energética, pero ya no tanto a su bondad medioambiental, que durante los últimos años ha ido resultando cada vez menos obvia. Así pues, desde la IMO⁴ se están tomando cartas en el asunto a nivel internacional, y a su vez, desde la Unión Europea a nivel comunitario también como con la Directiva 2005/33/EC⁵.

En el mundo marítimo, a diferencia de otros ámbitos, los programas de observación y control de emisiones están en pleno desarrollo, y es por ello que la contaminación generada por buques en navegación no está siendo por el momento atribuida a ningún país determinado. Esto es debido a la dificultad que existe para determinar a qué país se debe asignar, ya que existe una gran diferencia

³ Chengfeng, W. et al. *The costs and benefits of reducing SO₂ emissions from ships in the US West Coastal waters*. Transportation Research Part D 12 (2007). pp. 577-588.

⁴ International Maritime Organization. Organización Marítima Internacional. Londres.

⁵ La EU Directiva 2005/33/EC entró en vigor el 11 de agosto de 2005.

entre los lugares de compra del combustible y los lugares dónde las correspondientes emisiones se emiten posteriormente. Estas emisiones se están dejando de lado en programas internacionales como el *Protocolo de Kyoto*, el *UNFCCC*⁶ europeo, y el *IPCC*⁷. No obstante ello, la Agencia de Seguridad Marítima Europea, ha estado analizando las imágenes del rastro de emisiones contaminantes, proporcionadas por el satélite europeo ENVISAT, como forma de cuantificar dichas emisiones en las costas europeas.

2.1 Definición de los costes externos

Por coste externo se entiende, el precio que puede asignarse a las consecuencias directas del ejercicio de una actividad, como en este caso el transporte. Como tales, vamos a considerar las emisiones contaminantes, por su efecto propiamente de polución así como por su efecto de calentamiento atmosférico; los accidentes, la congestión y el ruido generado.

El principal foco de costes externos generado por el transporte, lo constituyen las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sobretodo de gases que contribuyen a la modificación del clima. Entre ellos los que propician el efecto invernadero⁸, los de efecto más local como los compuestos volátiles y los óxidos de nitrógeno y de azufre, que contribuyen a las lluvias ácidas y a la creación de ozono troposférico. Además de otros que afectan fundamentalmente al medio ambiente local, como el monóxido de carbono y el plomo o la emisión de partículas, que provocan o agravan enfermedades respiratorias, alérgicas o cancerosas. Como efecto de calentamiento de la atmósfera (o efecto invernadero), lo definimos como fenómeno natural que permite la absorción de parte de la radiación de onda larga que la superficie terrestre emite y que de otra forma se perdería en el espacio. Dentro del conjunto de costes externos generados por el transporte, vamos a diferenciar entre los costes medioambientales y los no medioambientales, siendo detallados a continuación. Se consideran costes externos ambientales, los derivados de la contaminación local del aire, del calentamiento global y la contaminación acústica.

a) Contribuyentes a la contaminación local del aire

Dióxido de azufre (SO₂)

Óxidos nitrosos (NO_x)

Monóxido de carbono (CO)

nm-VOC

Partículas en suspensión (PM⁹)

Dióxido de Carbono (CO₂)

Otros compuestos contaminantes de la atmósfera no asociados directamente al transporte son:

Metano (CH₄)

Nitrógeno (N)

Azufre (S)

Contaminación acústica

b) Los costes que no siguen un criterio medioambiental, por su condición de costes no totalmente internalizados, se les considera dentro de la categoría de costes externos.

Accidentes: Cuestan al año 200.000 millones de euros, el equivalente al 2 por ciento del PIB de toda la Unión Europea.

Congestión: Los daños causados por las congestiones suponen para la Unión Europea, un coste de 50.000 millones de euros anuales, o el equivalente a un 1% de su PIB en el año 2001.

⁶ UNFCCC, United National Convention on Climate Change.

⁷ IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change.

⁸ Éstos son los clorofluorcarburos, el dióxido de carbono y el metano.

⁹ PM, del inglés Particulate Matter.



Imagen 1. Buque dedicado al cabotaje insular, atracado en el puerto de Palma. . Fuente www.merchantships.info

3. Metodología de estudio

El objetivo del estudio, es el de mostrar la metodología de comparación de los costes externos, incurridos por cada medio de transporte y evaluar el coste económico y medioambiental que de ella se deriva. Inicialmente se va a partir de la selección de las principales rutas marítimas de corta distancia, que tienen en alguno de los vértices de origen o destino, a puertos españoles y que dispongan de al menos una frecuencia semanal. Para ello se ha diseñado una aplicación informática, que calcula los costes externos de una misma ruta tanto terrestre como marítima, obteniendo así los valores diferencia entre ambos modos y los posibles ahorros en costes externos, que aportaría el transporte marítimo de corta distancia. Al tratarse de buques reales que realizan trayectos en la actualidad, los valores obtenidos como ahorro de costes externos, se podrían considerar como una base para poder subvencionar a los agentes del transporte terrestre que utilicen el transporte marítimo, como incentivo para reducir sus costes económicos. Y consecuentemente, también se reducirían los costes medioambientales y se descongestionarían las carreteras. Esta subvención como límite equivaldría al dinero que la sociedad se ahorra al utilizar el transporte marítimo como medio de transporte, y que se deducirá a los usuarios.

Alcanzado el objetivo principal del estudio, es decir, una vez calculado el coste externo para una ruta realizada por varios buques, y obtenido de este modo el coste externo unitario por FEU (contenedor de 40') transportado, se calculará el ahorro potencial por cada FEU transportado que supone el hecho de hacerlo por vía marítima, y asimismo, se calculará el ahorro potencial equivalente en costes externos, por FEU por kilómetro de carretera no recorrido.

Para poder hallar los valores de las emisiones producidas por el transporte por carretera y marítimo se ha trabajado en base a dos proyectos anteriores: el OMIT¹⁰ y el REALISE¹¹ El programa, realizado con *Excel*, consiste en varias hojas de cálculo en las cuáles puede haber una o varias tablas que permiten calcular todos los valores necesarios para llevar a cabo el estudio. A continuación se explicará cada una de las diferentes hojas que constituyen el programa de cálculo, para poder comparar los costes externos incurridos por ambos modos de transporte.

En primer lugar en la hoja es necesario detallar:

¹⁰Básicamente se trata de un programa desarrollado por el Danish Environmental Protection Agency en 2001 por el Institut for Transportstudier conjuntamente con la Danish Trade Association of Internacional Transport y el Institut für Energie-und Umweltforschung Heidelberg GMBH para calcular el consumo de energía y emisiones en los tramos marítimos para diferentes buques.

¹¹ Regional Action for Logistical Integration of Ship. WP 3 – Environmental Impact Analises. Final Report. June 2005.Shipping across Europe.

1. Definición de la ruta: punto de partida y punto de llegada. A partir de esta se obtendrán:
 - a. Distancia terrestre unimodal (en kilómetros).
 - b. Distancia marítima (en kilómetros).
2. Nombre del buque: que realiza la ruta, a partir del nombre del buque se obtendrán las características principales del buque, previamente almacenadas:
 - a. Metros lineales de carga del buque (ml).
 - b. Velocidad del buque (en nudos)
 - c. Potencia del buque (en kW).
3. Factor de carga del buque (en porcentaje).
4. Factor de carga del camión (en porcentaje).

A partir de los metros lineales totales del buque, se pueden obtener los FEUs¹² teóricos que puede transportar, dividiendo los metros lineales por 19,5 metros (resultado de considerar que la longitud de un vehículo articulado es de 16,5m¹³, más una distancia de 1,5 m a proa y popa del camión para el trincaje y cumplir con creces, la normativa internacional sobre estiba). La velocidad del buque se pasará a km/h para poder hacer los cálculos con las unidades homogéneas con el camión.

Tipo de motor	Consumo específico, g/kWh
Diésel	200-240
Turbina fuel	290-305
Turbine carbón	
Vapor con fuel	700
Vapor con carbón	

Tabla 1. Consumo específico de combustible, para diferentes motores (Fuente Endresen)

El consumo específico de combustible del motor principal está relacionado con los sistemas de propulsión instalados; pero el consumo de los motores diésel modernos es aproximadamente la mitad comparado con los viejos motores de vapor con la misma potencia¹⁴. Para este estudio se ha considerado que el consumo horario medio es de 200 g/kW por hora, ya que la mayoría de buques contemplados son propulsados por motores diésel de 4 tiempos. La carga media del motor principal y la velocidad de giro, varían en función del tipo de buque. Por ejemplo, los bulkcarriers tienen unos valores medios inferiores (74%) que los petroleros (84%). Para los cálculos se va a considerar una carga del motor del 80% en navegación y del 20% durante las operaciones de estancia en puerto. Conociendo la distancia y la velocidad, se pueden hallar las horas totales de navegación del buque, y a partir de la potencia, el consumo horario al 80% de la carga del motor.

El programa también permite introducir el factor de carga del buque, ya que es normal que no vaya cargado en su totalidad, tanto por factores de estabilidad, seguridad, estiba, meteorología, y sobretodo por variaciones en la demanda de servicios según la época del año, junto con las fluctuaciones del mercado y la marcha de la economía en general. Se ha considerado para estos cálculos, un factor de carga del 70% (valor promedio de llenado de un buque de transbordo rodado)¹⁵. Para los cálculos de transporte por carretera, se parte de la distancia terrestre y del peso cargado en un vehículo articulado de 40 Tm de peso máximo admisible y que puede transportar un peso máximo de 25 Tm. El programa también permite introducir el peso de la carga que transporta el vehículo articulado. En este caso se ha considerado que el camión va cargado al 75% de la carga máxima, siendo el valor de la carga de 18,75 Tm. En función del peso cargado y del consumo de combustible del camión en autopista y en congestión, que según el proyecto REALISE, es de 15,8

¹² FEU: Forty feet Equivalent Unit, referido a la longitud de un contenedor de 40 pies.

¹³ Según la Directiva 2002 CE, del 18 de Febrero del 2002, indica que la longitud máxima de un vehículo articulado es de 16,5m.

¹⁴ Endresen, O. et al. A historical reconstruction of ship's fuel consumption and emissions. Journal of Geophysical Research D. Vol. 11. (2007). D 1230. pp.1-17.

¹⁵ Dato obtenido en el *Emission Inventory Guidebook (EIG)*, en el modelo de cálculo del COPERT III (2002).

g/Tm·km en autopista y 25 g/Tm·km en congestión, se pueden hallar los kilogramos de combustible consumidos por el camión que realiza dicha ruta. Adicionalmente se calcula el número de horas del trayecto marítimo (distancia marítima/velocidad buque), y en función de la velocidad se clasifica el buque en convencional (hasta 23 nudos), convencional rápido (de 23 a 30 nudos) o de alta velocidad (superior a 30 nudos). Se considera que el camión realiza todo el trayecto consumiendo gasoil.



Imagen 2. Buque dedicado al cabotaje insular, atracado en el puerto de Barcelona. Fuente www.merchantships.info

4. Rutas y buques seleccionados para el estudio.

Para llevar a cabo este estudio, se han elegido un total de 29 conexiones de entre el total de las líneas consideradas como transporte marítimo de corta distancia, que son realizadas por distintas navieras europeas con una frecuencia mínima semanal. Estas líneas seleccionadas, son servidas por buques de transbordo rodado, siendo por tanto una opción multimodal real. Se han seleccionado líneas que tuvieran como punto de origen ciudades peninsulares y como destino, a puertos de países¹⁶ de la Unión Europea. De modo que para la estimación de la viabilidad de iniciar una nueva ruta y definir una hipótesis del coste que supondría, ésta estaría contemplada y se ajustaría al modelo de cálculo en cualquier distancia marítima propuesta.

Algunas de las navieras mantienen acuerdos de fletamento de buques entre sí, como es el caso de U.E.C.C. con Flota Suardíaz y con Wallenius Wilhelmsen lines. En cuanto a las líneas consideradas, se ha realizado un exhaustivo estudio de las mismas, optando por diferenciar entre las líneas de contenedores y las de transbordo rodado, como primer criterio de segregación. Los cálculos se han realizado sobre los últimos, por ser la alternativa más lógica en las cadenas de transporte multimodal.

El segundo criterio de segregación, ha sido la agrupación de las líneas en las dos grandes cuencas marítimas que bañan la península ibérica, como son la Atlántica y la Mediterránea. Es por ello que se han dividido en dos zonas bien diferenciadas que se corresponden precisamente con dos de las áreas definidas como Autopistas del Mar¹⁷ por la U.E. en su *Libro Blanco del Transporte: tiempo*

¹⁶ A excepción de las rutas con Turquía, que se consideraron interesantes de contemplar aunque de forma testimonial, porque la escala directa con España recalca en un puerto anterior.

¹⁷ “Una autopista del mar está integrada por el conjunto de orígenes y destinos, agentes, servicios e infraestructuras físicas que intervienen en la cadena de transporte en el entorno de un mar que los aglutina, y que posee unos estándares de calidad para los usuarios, operatividad y eficiencia que los convierte en una alternativa para el transporte atractiva para los cargadores y beneficiosa para la sociedad”. *El concepto de Autopistas del Mar en relación con España*. Asociación Española de Promoción del Transporte Marítimo de Corta Distancia. Consultrans. Septiembre, 2003, p. 167.

de decidir¹⁸, a las que ya considera como parte integrante de las llamadas Redes Trans Europeas de Transporte (RTE-T)¹⁹. Observamos que las rutas definidas en el arco atlántico estarían englobadas en la Autopista del mar de Europa Occidental²⁰, y las definidas en el arco mediterráneo formarían parte de la Autopista del mar del suroeste²¹

Otra hipótesis de partida ha sido la de contemplar sólo las líneas con una frecuencia de recalada semanal o superior. Con el objeto de simplificar los cálculos, en los casos en los que las propias líneas marítimas tuvieran una gran complejidad de destinos, por estar compuestas por varios puertos de recalada entre el origen y el destino, se han seccionado estas en tramos simples, considerando sólo el tramo entre puerto español y destino.

La metodología seguida para el análisis de las rutas, se basa en un estudio preliminar por separado de cada una de ellas. El estudio se inicia con el cálculo del tiempo necesario para llevarla a cabo por carretera y mar; el coste medioambiental (externo) de cada una para ambos modos, con este último (en ambos medios) se calcula el ahorro potencial que supone la ruta marítima en costes externos por kilómetro recorrido y por FEU.

Las navieras que realizan las líneas marítimas de SSS objeto de análisis de este estudio son las siguientes:

Naviera	Número de líneas
Grimaldi Group Napoli (Atlántica di Navi.)	6
U.E.C.C.	5
Flota Suardíaz	4
NEPTUNE Lines	3
Finnlines	2
MTSUI OSK Lines	1
Grandi Navi Veloci	1
Transfennica	1
USTICA Lines	1
ACCIONA Trasmediterranea	1
VW Transport lines GmbH	1
MANN Lines	1
EMC	1
UPM Kimene	1
Total	29

Tabla 2. Listado de las navieras que atienden las 29 conexiones consideradas en la hipótesis inicial. Fuente: elaboración propia a junio 2009.

5. Resultados finales

Tomando los valores medios, resultantes de cada uno de los barcos que participan en cada una de las rutas mediterráneas, se obtiene un valor medio por ruta y con ellas una ruta promedio con las particularidades medias, que se detallan en las siguientes tablas y gráficas. La media de distancias entre el puerto de origen y destino sería para la terrestre de 1.554,3 kilómetros. La distancia superior sería la de la ruta entre Valencia y Pireo, con 2.742 km, y la inferior la de la ruta entre Barcelona y Fos Sur Mer, con 454 km. La distancia marítima media es de 692,6 millas náuticas, siendo la más larga la de la ruta Vigo a Livorno con 1.380 millas náuticas y la más corta la de la ruta Barcelona-Fos Sur Mer, con 185 millas. La potencia del buque tipo sería de 14.039 kW, siendo

¹⁸ COM (2001) 370 final. La política europea de transportes de cara al 2010. Bruselas (2001).

¹⁹ La Red Trans Europea de Transporte (RTE-T) tiene como objetivo principal fomentar el establecimiento de nuevas conexiones regulares de carga entre estados miembros fomentando la sostenibilidad.

²⁰ Establece una conexión entre la Península Ibérica con el mar del Norte y el mar de Irlanda a través del Atlántico.

²¹ Establece una conexión entre España, Francia, Italia y Malta, con la Autopista del mar de Europa del sureste (conexión del mar Adriático con el Jónico y el Mediterráneo oriental para englobar a Chipre). Existen además de las tres citadas anteriormente, la Autopista del mar Báltico que conecta los Estados miembros del mar Báltico con los de Europa central y occidental.

la media máxima la de la ruta Barcelona-Civitavecchia, con 45.848 kW, y la mínima la ruta Barcelona-Koper, con 3.884 kW del único buque que la sirve, el Neptune Hellas. Se observa un valor de potencia instalada superior en los buques más modernos.

	Origin	Destination
Route		

Road unimodal distance (km)	
Maritime distance (km)	
Road intermodal distance (km)	

Ship's Name		
Linear meters		
Speed of ship (in knots and km/h)		
Ship's Power (kW)		
Number of FEU (theoretical)		
Load Factor (SHIP)		
Hours of navigation by SSS		
Type of ship		

	Fuel consumption (kg/h)
Fuel consumption (kg/h) SHIP	

Load (truck) - maximum 25 Tm	
LOAD FACTOR (TRUCK)	

Obligatory data

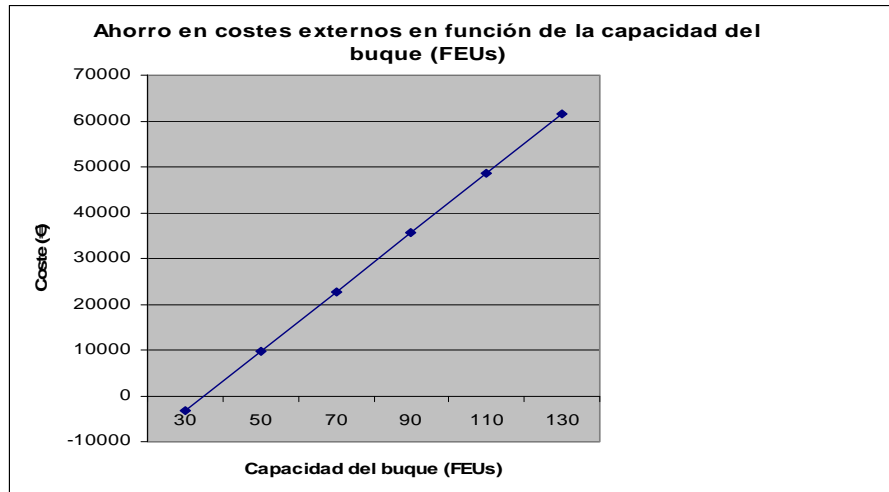
Data obtained

Tabla 3. Algoritmo de cálculo en su primera página. Introducción de datos iniciales.

La velocidad tipo es de 19,9 nudos, con una mínima de 14 nudos para la ruta Tarragona-Livorno, y una máxima de 28,8 nudos correspondiente a la ruta Barcelona-Civitavecchia. La capacidad media de los buques implicados en el área mediterránea, es de 153,3 FEUs por buque. Este valor medio, se reduce a 96,7 FEU's, si se extraen del promedio los buques porta coches. La máxima capacidad la encontramos en las rutas de Barcelona y Valencia a Marsella y la de Valencia a El Pireo, dado que la realizan buques car-carrier con una elevada capacidad de carga (hasta 272 FEUs). La mínima capacidad se observa en la ruta entre Tarragona y Livorno, con 50 FEUs de media. Los resultados promedio, indican que el ahorro por costes externos medio en el área mediterránea, sería de unos 30 céntimos de euro por FEU y kilómetro de carretera no recorrido. Por ejemplo la ruta entre Barcelona y Génova con una distancia no recorrida por el camión, es de 857 kilómetros. Aplicando el valor del ahorro por FEU y kilómetro de la propia ruta, que es de 0,1462 o el promedio de 0,3757; significa que la sociedad se evita una cantidad igual a 125,3 euros o 321,97 euros respectivamente en costes externos, que podrían deducirse de los impuestos abonados por el transportista que elige la opción marítima. La ruta que obtiene un rendimiento mayor en ahorro de costes externos, es entre Valencia y Pireo. Estos resultados son lógicos, ya que es una de las rutas con una de las distancias más largas entre origen y destino tanto por tierra como por mar (2.742 km y 1.237 mn), servidas por buques (Neptune Okeanis y Neptune Thelissis) con una alta capacidad de carga (272 FEU's) dada su naturaleza de car carriers, donde el espacio de carga se aprovecha mucho más. Además la potencia de los buques no es de las más elevadas (12.600 kW) con una velocidad media a moderada, de 20 nudos.

La ruta entre Vigo y Málaga, sin embargo es la que obtiene un valor de ahorro en coste externo por kilómetro no recorrido y FEU, mayor. Las razones son en este caso, debida a los buques usados (Arabian Breeze y Yohjin), ya que disponen de la más alta capacidad de carga (307 FEU's) dada su naturaleza de car carriers. La potencia de los buques usados es media-baja (7.493 kW). La ruta entre Barcelona y Fos Sur Mer, es la que obtiene un menor rendimiento en cuanto a ahorro en costes externos por FEU transportado. De hecho es una de las rutas donde la distancia terrestre y

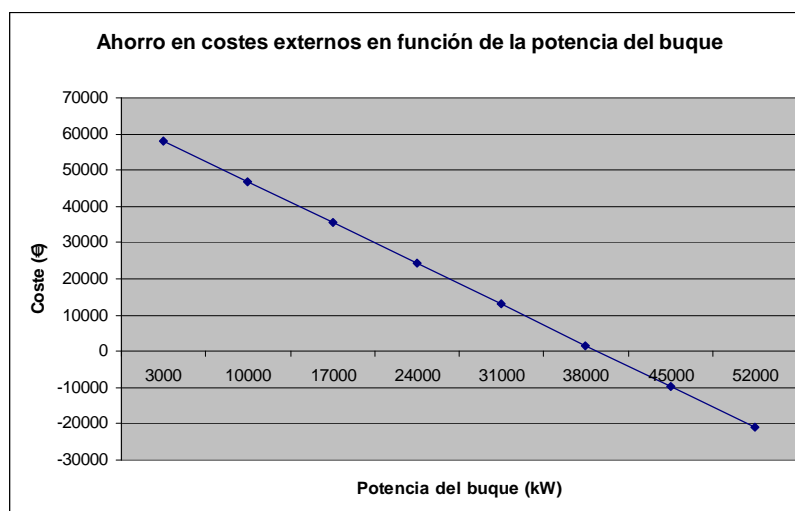
marítima son más bajas y más parecidas (454 kilómetros frente a 185 millas o 342,62 kilómetros). También afecta el hecho de que el buque utilizado (La Surprise), aún disponiendo de una potencia media (12.600 kW) que le impime una velocidad buena de 23 nudos, dispone de una capacidad de carga media a baja (77 FEU's). En cuanto al umbral de rentabilidad y partiendo de la condición inicial obtenida de la ruta promedio del área mediterránea, se han introducido diversas situaciones de carga para simular cómo aumentan o disminuyen los costes externos, cómo varía el ahorro por FEU, y el ahorro por FEU y kilómetro no recorrido; en función de la capacidad del buque en FEU's. El abanico de posibilidades va desde los 130 FEU's hasta los 30 FEU's, que son valores máximos y mínimos que podrían darse en la realidad. El resto de parámetros de la ruta y del buque se han mantenido invariables, como por ejemplo la potencia del motor principal.



Gráfica 1. Ahorro en costes externos en función de la capacidad del buque (FEUs). Ruta promedio área mediterránea. Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica, se observa cómo varía el ahorro en costes externos según varía la capacidad media en el área mediterránea de 97 FEUs. El ahorro en costes externos aumenta hasta un máximo de 61.501,13 € para una capacidad de 130 FEU's y disminuye hasta unos valores negativos de -3.144,11 € para los 30 FEU's. El umbral de rentabilidad se sitúa en 35 FEUs, como valor a partir del cual el ahorro en costes externos es cero, y comienza a ser positivo.

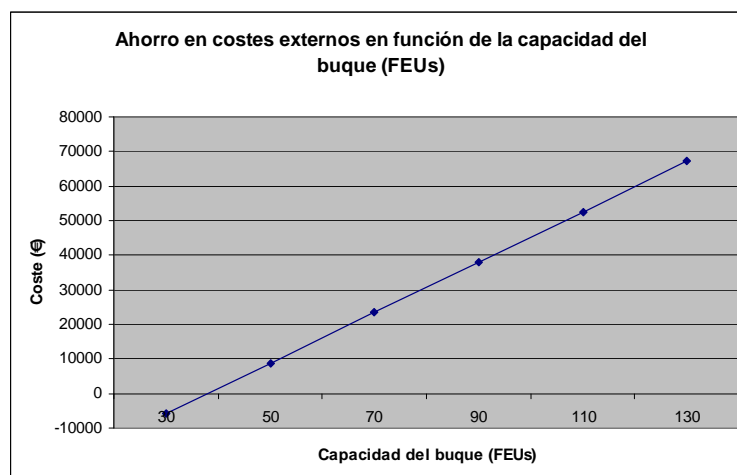
El valor de potencia motor, en el que se obtienen valores negativos de ahorro en costes externos, es de 39.060,26 kW a partir del cual, los valores de ahorro en costes externos son negativos. Realizando los mismos cálculos para las rutas atlánticas, en cada una de las conexiones elegidas y los buques participantes, obtenemos un valor promedio por ruta y una media atlántica.



Gráfica 2. Ahorro en costes externos en función de la potencia (kW). Ruta promedio área mediterránea. Fuente: Elaboración propia.

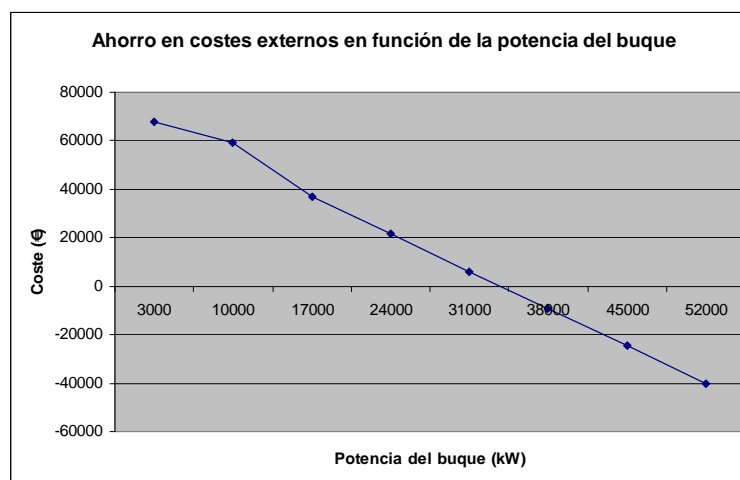
La distancia media entre puertos atlánticos sería en el caso de la terrestre de 1.753,85 kilómetros. La distancia superior sería la de la ruta entre Santander y Kotka en Finlandia, con 3.144 kilómetros y la inferior la de la ruta entre Bilbao y Le Havre, con 1.108 kilómetros. La distancia marítima media es de 941,5 millas náuticas, siendo la más larga la de la ruta entre Bilbao y Kotka con 1.927 millas náuticas y la más corta la de la ruta entre Vigo y Saint Nazaire, con 500 millas náuticas. La potencia del buque tipo sería de 12.582 kW, siendo la máxima la de la ruta entre Vigo y Saint Nazaire, con los 25.204 kW del buque Superfast Levante, siendo la mínima la de la ruta entre Bilbao y Kotka, con 5.880 kW del único buque que la sirve, el Birka Transporter. La velocidad tipo es de 19,42 nudos, con una mínima de 16,5 nudos del buque Birka Transporter, para la ruta entre Bilbao y Kotka y una máxima de 22 nudos correspondiente a la ruta entre Vigo y Saint Nazaire. La capacidad media de los buques implicados en el área atlántica, es de 166,3 FEUs por buque. La máxima capacidad la encontramos en los buques de la ruta entre Bilbao y Le Havre, dado que la realizan buques car-carrier con una muy elevada capacidad de carga (hasta 789 FEUs). La mínima capacidad se observa en la ruta entre Santander y Cuxhaven con el buque Borden, con 61 FEUs de capacidad y media de la ruta, al ser el único buque. Si extraemos en el cálculo, los buques porta coches con una capacidad de carga elevada, la media se sitúa en 102 FEU's más fiel a la realidad de los buques Ro/Pax.

La ruta que obtiene un rendimiento mayor en ahorro de costes externos, es la que media entre Bilbao y Kotka. Estos resultados son lógicos, ya que es una de las rutas con una de las distancias más largas entre origen y destino tanto por tierra como por mar (3.144 km y 1.903 mn), servidas por buques (Misana y Misida) con una capacidad media de carga (71 FEU's). Además la potencia de los buques no es de las más elevadas (15.000 kW) con una velocidad media moderada de 20 nudos. La ruta entre Bilbao y Le Havre, sin embargo es la que obtiene un valor de ahorro en coste externo por kilómetro no recorrido y FEU, mayor. Las razones son en este caso, debidas a los buques usados (series Repubblica y Grande, de Grimaldi), ya que disponen de la más alta capacidad de carga (789 FEU's de media) dada su naturaleza de car carriers. La potencia de los buques usados no es elevada siendo de media de 17.655 kW. La ruta entre Bilbao y Amberes, es la que obtiene un menor rendimiento en cuanto a ahorro en costes externos por FEU transportado. De hecho es una de las rutas donde la distancia terrestre y marítima son más bajas y más parecidas (1.255 kilómetros frente a 776 millas o 1.437,15 kilómetros). En cuanto al umbral de rentabilidad de las rutas atlánticas a continuación se muestran las gráficas:



Gráfica 3. Ahorro en costes externos en función de la capacidad del buque (FEUs). Ruta promedio área atlántica.
Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica se observa cómo varía el ahorro en costes externos según aumenta o disminuye la situación media observada en la ruta atlántica de 102 FEUs. El ahorro en costes externos aumenta hasta un máximo de 67.120,07 € para una capacidad de 130 FEUs, y disminuye hasta unos valores negativos de -5.809 € para 30 FEUs. El umbral de rentabilidad lo observamos en 38 FEUs, como el valor a partir del cuál el ahorro en costes externos es cero, y comienza a ser positivo. El valor límite de potencia del motor en el que se obtienen valores negativos de ahorro en costes externos está en 33.804 kW. Valor a partir del cual, el ahorro en costes externos es negativo.



Gráfica 4. Variación del ahorro en costes externos en función de la potencia del buque (kW). Ruta promedio área atlántica. Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones

Analizando la ruta promedio de cada zona, observamos que la media de distancias terrestres, es similar para la zona mediterránea y la atlántica con 1.554,3 kilómetros y 1.753,85 kilómetros, respectivamente. En el caso de las distancias marítimas medias, se produce la misma situación con una ligera ventaja también para el área atlántica con 692,6 millas y 941,5 millas. Para el parámetro de la potencia media de los buques, el área mediterránea se sitúa en los 14.039 kW y el área atlántica con una media de 12.582,2 kW. Finalmente en los parámetros de velocidades medias, éstas se sitúan en los 19,9 nudos y los 19,4 nudos, respectivamente; siendo la capacidad media de FEUs transportados de 153,32 FEU's (o 97 si no incluimos los car carriers) en el área mediterránea y de 166,3 (o de 102 FEUs) en el área atlántica. El promedio de los costes externos se diferencia por área, siendo de 18.786,24 euros para la zona mediterránea, y 28.850,13 euros para la atlántica.

Lo mismo es aplicable al resto de resultados obtenidos para el ahorro en costes externos por FEU, situándose en 506,7 € en el área mediterránea y de 470,83 € en el área atlántica y el ahorro de costes externos por kilómetro de carretera no recorrido y FEU, de 0,307 € en el área mediterránea (o de 0,27 € sin los car carriers) y de 0,279 € en el área atlántica (0,26 € sin los grandes car carriers). Realizando el mismo análisis anterior, pero tomando como parámetro independiente la potencia del motor principal, para la ruta mediterránea ésta ha de ser como máximo de 39.060 kW (33.804 kW para la ruta atlántica), obteniendo por encima, valores negativos de ahorro en costes externos y por FEU. Estas cifras sin embargo, están lejos de verse en los buques analizados, encontrándose sólo en los de mayores dimensiones con una velocidad media también elevada. De estos datos, se puede extraer que a mayor potencia del buque, menor ahorro en costes externos; siendo inversamente proporcionales los costes externos incurridos con el ahorro en coste externo. Lo mismo ocurre con la capacidad del buque, a más FEUs transportados, menor coste externo por unidad transportada. Aunque en este caso, los costes externos no varían de forma significativa en función del número de FEUs transportados, y por tanto en la cifra de ahorro en coste externo.

Imagen 3. Pantalla inicial de la aplicación diseñada para calcular los costes externos. Fuente propia

Esto es debido a que en el cálculo, los costes externos no varían en función de la capacidad del buque, pero el ahorro sí, ya que a más FEUs transportados por un buque, la ruta terrestre aumenta sus costes externos, y el barco en sí, obtiene una cifra de ahorro superior al mantenerse sus costes externos constantes, que sólo varían en el tramo del transbordo marítimo según se transporten, más o menos FEUs. La eficiencia y rentabilidad ambiental, respecto al modo terrestre, de una ruta marítima; dependerá entonces del compromiso entre la distancia, la potencia y capacidad del buque en cuestión, así como de la velocidad. Respecto al buque tipo, obtenido del análisis de toda la flota, nos encontramos que sería un buque Ro/Ro de 168 metros de eslora, 24,7 metros de manga, un calado de 7,2 metros, un tonelaje de 25.551 GT, un peso muerto (capacidad efectiva de carga) de 12.334 toneladas, de unos 12,5 años de antigüedad, una velocidad de 20,5 nudos, y con una potencia de 17.848 kW. Con una capacidad de carga resultante para 156,84 FEUs incluyendo los car carriers y de 99,35 si no incluimos los mayores car Carriers (por otro lado más lógico). Una de las bases estratégicas para la promoción del transporte marítimo de corta distancia a nuestro juicio, pasa por reconocer y aludir a las prestaciones medioambientales y a su vez de mejorar los mencionados aspectos, eminentemente si se quiere equiparar a los niveles alcanzados por el transporte terrestre. Toda estrategia para reducir las emisiones contaminantes, tanto a nivel de innovación tecnológica en buques (sistema de limpieza de gases de escape o combustibles con un contenido menor de azufre) e instalaciones portuarias (suministro eléctrico a buques atracados); como de restricción de la navegación según la sensibilidad de la zona; y de subvenciones gubernamentales (“ecobono”²²) y rebajas de tasas e impuestos que incentiven a los armadores a

²² El “ecobono” fue publicado por decreto el 7 de junio de 2006 en el Boletín Oficial de la República Italiana, donde establece incentivos económicos para los transportistas que embarquen sus camiones ó semirremolques en barcos que cubran trayectos alternativos a la carretera.

reducir las emisiones de sus buques en conjunto, pueden dar el impulso decisivo que el Transporte Marítimo de Corta Distancia necesita para afianzar su posicionamiento como transporte económico y sostenible en un futuro no muy lejano. Esta bonificación se ha tarifado en función de la distancia que el camión deja de cubrir por carretera y en virtud del inferior impacto ambiental que el barco en navegación, tiene respecto del propio transporte por carretera.

General Report

Data

Origin:

ZAL de Barcelona

Port origin:

Barcelona

Port destination:

Civitavecchia

Destination:

Roma

Ship Name:

Fantastic

Truck Load Factor:

70 %

Ship Load Factor:

70 %

Final results

Potential savings through multimodal

2.928,68

Potential saving (€) per FEU

44,10

Saving (€) per FEU per road km not travelled

0,03247

Time difference

-16,62

Cost difference

449,13

Imagen 4. Informe final e los costes externos y ahorros si cabe, que justificarían un ecobono al transportista que cargara su camión en el buque y ruta, seleccionados. Fuente propia.

La posibilidad de aplicar un ecobono a los tráficos señalados, se debe a que se han incluido los costes externos no únicamente medioambientales, como la congestión, accidentabilidad y ruido; que afectan en gran medida al transporte por carretera. Consiguiendo así unas cifras de costes externos finales, menores en el caso del transporte marítimo. Para los casos (que son todos) en los que los costes externos son menores en el transporte marítimo, se ha presentado la propuesta de descuento fiscal a los camiones que usen el barco en lugar de realizar el viaje por carretera, basado en el ahorro de costes externos. Este descuento se aplicaría con un valor máximo por kilómetro no recorrido por carretera, equivalente a la cifra que figura en el recuadro inferior, al final de cada ficha de buque; siendo el valor máximo promedio en el arco mediterráneo de 0,375 €/y en el arco atlántico de 0,285 €/ por kilómetro no recorrido.

7. Bibliografía

Burgel Alexander P. (2007). *Air pollution from ships: recent developments*. WMU Journal of Maritime Affairs. Vol. 6. N.2 Part 2. pp. 217-224.

Chengfeng, W. et al. (2007). *The costs and benefits of reducing SO2 emissions from ships in the US West Coastal waters*. Transportation Research Part D 12. Pp. 577-588.

Conference on Marine Vessels and air Quality. 1-2 February 2001. San Francisco – CA. ABS.

Endresen, O. Sorgard, E, Behrens, H.L. and Breu, P.O. (2007). *A historical reconstruction of ships' fuel consumption and emissions*. Journal of Geophysical Research D. Vol. 112. D 1230. pp.1-17

European Commission. (2001). White paper on European Transport Policy for 2010: Time to decide. Brussels.

Floedstroem, E. (1997). *Energy and emission factors for ships in operation. KFB Rep.* Swedish Transport and Comm. Res. Board. Swedish Maritime Administration & Mariterm AB. Gothenburg. Sweden.

Gommers A. et al. (2007). *Monitoring programme on air pollution from sea-going vessels (MOPSEA)*. Final report. Liesbeth Schrooten and Ina De Vlieger.

Martínez de Osés, F.X. and Castells, M. (2008) *Heavy weather in European Short Sea Shipping: Its Influence on Selected Routes*. The Journal of Navigation. Vol. 61. pp.165-176.

Martínez de Osés F.X and Castells M. (2009). *The External cost of speed at sea: an analysis based on selected short sea shipping routes*. WMU Journal of Maritime Affairs, Vol. 8, No. 1. pp.27-45.

Martínez de Osés F.X. and Castells M. (2009). *Análisis de la aplicación del ecobono, en los tráficos marítimos españoles. Estudio financiado por el Ministerio de Fomento*. 2009

Mulligan, R.F and Lombardo, G. (2006). *Short Sea Shipping. Alleviating the environmental impact of economic growth*. WMU Journal of Maritime Affairs. Vol. 5. Part 2. pp. 181-194.

Schrooten L. et al. (2006). *Activity based emission model for sea-going vessels*. REIMS, Transport and Air Pollution. Vol.2, no.107. pp.297-303.

Schrooten L. et al. (2007). *Inventory and forecasting of maritime emissions in the Belgian sea territory, an activity-based emission model*. Atmospheric Environment 42. pp. 667–676.